

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-126370

(43)Date of publication of application : 17.05.1996

(51)Int.CI.

H02P 5/00  
G11B 21/10

(21)Application number : 06-281494

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 21.10.1994

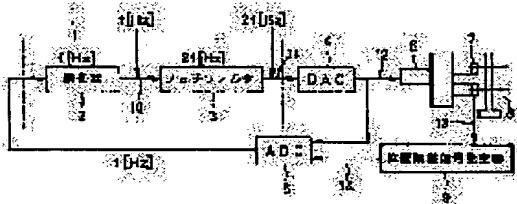
(72)Inventor : HATTORI TOSHIAKI

## (54) MULTIRATE SAMPLE RATE RESONANCE SUPPRESSION SYSTEM FOR MAGNETIC DISC

## (57)Abstract:

PURPOSE: To suppress vibration through a digital notch filter by performing a notch filter operation for an output signal from a controller at a rate predetermined times as high as the sample frequency and outputting the result as an actuator control signal.

CONSTITUTION: A magnetic disc takes in positional error signals 14 at a sample frequency (f) into a DSP1 through a magnetic head 7. Similarly, drive current signals 12 for an actuator 6 are taken in at same sample frequency (f) and a controller 2 having designed sample frequency of (f) generates a controller signal 10. A notch filter 3 suppressing mechanical resonance has a designed sample frequency of 2f and receives the control signal 10 being updated every other time. A control signal 11 for the actuator is outputted at a sample frequency of 2f from the DSP1. Since a resonance point of double frequency can be dealt with, effect of mechanical resonance having frequency equal to the Nyquist frequency of controller or above can be suppressed.





(51)Int.Cl.<sup>6</sup>H 02 P 5/00  
G 11 B 21/10

識別記号 庁内整理番号

K  
R 8425-5D

F I

技術表示箇所

審査請求 有 請求項の数3 FD (全6頁)

(21)出願番号 特願平6-281494

(22)出願日 平成6年(1994)10月21日

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 服部 俊朗

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

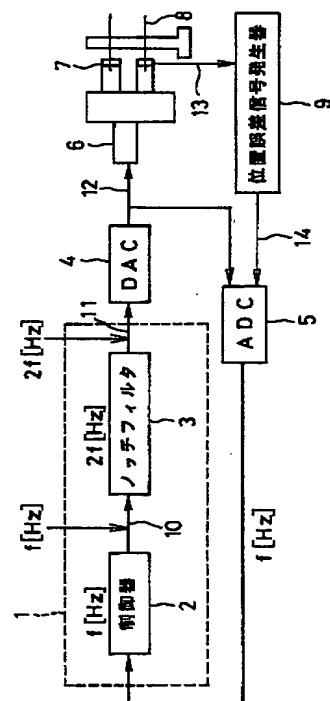
(74)代理人 弁理士 加藤 朝道

(54)【発明の名称】 磁気ディスク装置のマルチレートサンプルレートの共振抑制方式

## (57)【要約】

【目的】磁気ディスク装置のデジタルサーボにおいて、アクチュエータの機械共振を抑止する制御をデジタルノッチフィルタにより行なうようにした共振抑制方式の提供。

【構成】デジタル信号処理装置によりアクチュエータの制御信号における機械共振点の信号のゲインを減衰させ機械共振の励振を抑制するノッチフィルタの演算を行う磁気ディスク装置において、位置誤差信号を所定のサンプル周波数  $f$  にてデジタル信号処理装置に取り込み、前記サンプル周波数  $f$  にてノッチフィルタを除く制御器の演算を行い、制御器の出力信号に対して前記サンプル周波数  $f$  の所定倍のサンプル周波数にてノッチフィルタ演算を行ない、ノッチフィルタの演算結果をアクチュエータの制御信号として出力する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】磁気ヘッドにより磁気ディスク面に書込まれたサーボ信号を読み取り、前記サーボ信号に基づき位置誤差信号を発生する位置誤差信号発生器を有し、前記位置誤差信号をデジタル信号に変換してデジタル信号処理装置の入力信号とし、前記デジタル信号処理装置により、前記磁気ヘッドを移動させるアクチュエータの動作を制御すると共に、前記アクチュエータの制御信号における機械共振周波数の信号のゲインを減衰することにより機械共振の励振を抑制するノッチフィルタの演算を行う磁気ディスク装置において、前記位置誤差信号を所定のサンプル周波数  $f$  にて前記デジタル信号処理装置に取り込み、前記サンプル周波数  $f$  にて前記ノッチフィルタを除く制御器の演算を行い、前記制御器の出力信号に対して前記サンプル周波数  $f$  の所定倍のサンプル周波数にてノッチフィルタ演算を行ない、前記ノッチフィルタの演算結果を前記アクチュエータの制御信号として出力することを特徴とする磁気ディスク装置。

$$\begin{cases} x_n \left( n + \frac{1}{2} \right) = A_n x_n [n] + B_n u [n] \\ y [n] = C_n x_n [n] + D_n u [n] \end{cases} \quad \cdots (1)$$

を行い、

前記アクチュエータの制御信号  $y [n]$  として出力すると共に、

( $n + 1$ ) T時刻の前記制御器の演算中に前記制御器の※

$$\begin{cases} x_n [n + 1] = A_n x_n \left( n + \frac{1}{2} \right) + B_n u [n] \\ y \left( n + \frac{1}{2} \right) = C_n x_n \left( n + \frac{1}{2} \right) + D_n u [n] \end{cases} \quad \cdots (2)$$

を行い、前記アクチュエータの制御信号  $y [n + 1/2]$  として出力し、

前記アクチュエータの制御信号のサンプル時間を  $T/2$  として、

2倍の周波数の機械共振の影響を抑制することを特徴とする磁気ディスク装置の共振抑制方式。

$$\begin{cases} x_n \left( n + \frac{k+1}{m} \right) = A_n x_n \left( n + \frac{k}{m} \right) + B_n u [n] \quad (0 \leq k < m) \\ y \left( n + \frac{k}{m} \right) = C_n x_n \left( n + \frac{k}{m} \right) + D_n u [n] \end{cases} \quad \cdots (3)$$

を行い、

それぞれの出力について前記アクチュエータの制御信号  $y [n + 1/m]$  として出力することにより、前記アクチュエータのサンプル時間を  $T/m$  とし、 $m$ 倍の周波数の機械共振の影響を抑制することを特徴とする磁気ディスク装置の共振抑制方式。

【発明の詳細な説明】

【0001】

## \* スク装置の共振抑制方式。

【請求項2】磁気ヘッドにより磁気ディスク面に書込まれたサーボ信号を読み取り、前記サーボ信号に基づき位置誤差信号を発生する位置誤差信号発生器を有し、前記位置誤差信号をデジタル信号に変換してデジタル信号処理装置の入力信号とし、前記デジタル信号処理装置により、前記磁気ヘッドを移動させるアクチュエータの動作を制御すると共に、前記アクチュエータの制御信号における機械共振周波数の信号のゲインを減衰することにより機械共振の励振を抑制するノッチフィルタの演算を行う磁気ディスク装置において、

前記位置誤差信号をサンプル時間  $T$  で前記デジタル信号処理装置に取り込み、前記ノッチフィルタを除く制御器の演算を行い、

前記制御器の  $n T$  時刻の演算結果  $u [n]$  に基づき、前記演算の2倍のサンプル周波数 (サンプル時間  $T/2$ ) にて、前記ノッチフィルタが演算

【数1】

※演算結果  $u [n]$  と前記ノッチフィルタの状態量  $x [n + 1/2]$  に基づき前記ノッチフィルタが演算

【数2】

★ 【請求項3】前記ノッチフィルタのサンプル周波数を前記制御器の演算の  $m$  倍のサンプル周波数 (サンプル時間  $T/m$ ) として、

前記制御器の演算中に前記ノッチフィルタの演算数を  $m$  回に増やし、前記ノッチフィルタが演算

★ 【数3】

【産業上の利用分野】本発明は、磁気ディスク装置の位置決め装置の共振抑制方式に関する。

【0002】

【従来の技術】現在、一般的に用いられている磁気ディスク装置のデジタルサーボ装置では、一定のサンプル時間毎にディスク面からヘッドにより得られるサーボ信号を基に生成される位置誤差信号をデジタルシグナル

50 プロセッサ (Digital Signal Processor, 「DSP」)

という)に取り込み、1サンプル時間に1回の割合でヘッド駆動用アクチュエータの制御信号をDSPから出力していた。

【0003】またサーボ信号のみでなく駆動電流信号もDSPに取り込み利用する場合もある。

【0004】これに対し、ヘッドを共振させる機械共振は、周波数帯域が高い領域に位置するため、アナログ回路によりノッチフィルタを構成するか、あるいはディジタルサーボにおけるナイキスト周波数を共振点より高くして共振制御を行っている。

【0005】この種の従来の制御装置として、機械共振を持つアクチュエータに対して共振点が変化してもできるだけ高いループゲインを確保して位相まわりが少なくヘッド位置決め精度を向上させることを目的として、例えば特開平4-38777号公報には、所定の減衰特性を有するノッチフィルタ(アナログ回路又はディジタル演算回路)を有するヘッド位置決め装置が開示されている。

【0006】共振制御をDSP等のディジタル演算回路にて行なう場合、共振抑制周波数の変更が容易とされ、アナログノッチフィルタ回路が不要とされるため、回路基板のスペースが削減される等の利点がある。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、磁気ディスク装置のサーボ方式としてデータ面サーボを用いた場合に、データフォーマット効率を上げるためにサーボ信号のサンプル数が制限され、また、安価なDSPを用いた場合には、処理能力の限界からDSPの演算時間を短くすることが難しい等の理由により、ディジタルサーボのナイキスト周波数を上げることが困難である。

【0008】このため、機械共振の周波数が高い場合には、ディジタルサーボの実装は困難とされ、アナログ回路によりノッチフィルタを構成するしかなかった。

【0009】本発明はこのような問題点に鑑みてなされたものであって、本発明の目的は、サンプル時間に制約があり高い周波数の機械共振の影響を抑制することが困難とされていたディジタルサーボ系において、ディジタルノッチフィルタにより制振を行うことを可能とする制\*

$$\begin{cases} x_n \left( n + \frac{1}{2} \right) = A_n x_n[n] + B_n u[n] \\ y[n] = C_n x_n[n] + D_n u[n] \end{cases} \quad \dots (1)$$

を行い、前記アクチュエータの制御信号y[n]として出力すると共に、(n+1)T時刻の前記制御器の演算中に前記制御器の演算結果u[n]と前記ノッチフィル

\* 御装置を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するため、本発明では、磁気ヘッドにより磁気ディスク面に書込まれたサーボ信号を読み取り、前記サーボ信号に基づき位置誤差信号を発生する位置誤差信号発生器を有し、前記位置誤差信号をディジタル信号に変換してディジタル信号処理装置の入力信号とし、前記ディジタル信号処理装置により、前記磁気ヘッドを移動させるアクチュエータの動作を制御すると共に、前記アクチュエータの制御信号における機械共振周波数の信号のゲインを減衰することにより機械共振の励振を抑制するノッチフィルタの演算を行う磁気ディスク装置において、前記位置誤差信号を所定のサンプル周波数fにて前記ディジタル信号処理装置に取り込み、前記サンプル周波数fにて前記ノッチフィルタを除く制御器の演算を行い、前記制御器の出力信号に対して前記サンプル周波数fの所定倍のサンプル周波数にてノッチフィルタ演算を行ない、前記ノッチフィルタの演算結果を前記アクチュエータの制御信号として出力することを特徴とする磁気ディスク装置の共振抑制方式を提供する。

【0011】本発明の磁気ディスク装置の共振抑制方式は、好ましくは、磁気ヘッドにより磁気ディスク面に書込まれたサーボ信号を読み取り、前記サーボ信号に基づき位置誤差信号を発生する位置誤差信号発生器を有し、前記位置誤差信号をディジタル信号に変換してディジタル信号処理装置の入力信号とし、前記ディジタル信号処理装置により、前記磁気ヘッドを移動させるアクチュエータの動作を制御すると共に、前記アクチュエータの制御信号における機械共振周波数の信号のゲインを減衰することにより機械共振の励振を抑制するノッチフィルタの演算を行う磁気ディスク装置において、前記位置誤差信号をサンプル時間Tで前記ディジタル信号処理装置に取り込み、前記ノッチフィルタを除く制御器の演算を行い、前記制御器のnT時刻の演算結果u[n]に基づき、前記演算の2倍のサンプル周波数(サンプル時間T/2)にて、前記ノッチフィルタが演算

【数4】

タの状態量x[n+1/2]に基づき前記ノッチフィルタが演算

【数5】

$$\begin{cases} x_n[n+1] = A_n x_n \left( n + \frac{1}{2} \right) + B_n u[n] \\ y \left( n + \frac{1}{2} \right) = C_n x_n \left( n + \frac{1}{2} \right) + D_n u[n] \end{cases} \quad \dots (2)$$

を行い、前記アクチュエータの制御信号  $y[n+1/m]$  として出力し、前記アクチュエータの制御信号のサンプル時間を  $T/2$  として、2倍の周波数の機械共振の影響を抑制することを特徴とする。

【0012】本発明の磁気ディスク装置の共振抑制方式は、好ましくは、前記ノッチフィルタのサンプル周波数\*

$$\begin{cases} x_n \left[ n + \frac{k+1}{m} \right] = A_n x_n \left[ n + \frac{k}{m} \right] + B_n u[n] & (0 \leq k < m) \\ y \left[ n + \frac{k}{m} \right] = C_n x_n \left[ n + \frac{k}{m} \right] + D_n u[n] \end{cases} \quad \dots (3)$$

を行い、それぞれの出力について前記アクチュエータの制御信号  $y[n+1/m]$  として出力することにより、前記アクチュエータのサンプル時間を  $T/m$  とし、 $m$  倍の周波数の機械共振の影響を抑制するようにして構成される。

【0013】

【作用】本発明によれば、デジタルノッチフィルタを用いることにより、位置誤差信号の取り込み及びノッチフィルタを除いた制御器のナイキスト周波数以上の周波数をもつ機械共振の影響を抑制することが可能にとされる。

【0014】

【実施例】本発明を図面を参照して実施例に即して説明する。

【0015】図1は、本発明の一実施例の構成を示すブロック図である。

【0016】図1を参照して、磁気ディスク装置には1枚ないし複数枚の磁気ディスク媒体8（単に「ディスク」と略記する）と、その片面または両面からサーボ信号13を取得するための磁気ヘッド7を有している。

【0017】位置誤差信号発生器9では、磁気ヘッド7によりディスク面8から得られるサーボ信号13から、2トラックないし4トラックで1周期となる三角波信号として、磁気ヘッド7とデータトラック中心との位置誤差情報を示す位置誤差信号14を発生する。

【0018】位置誤差信号14及び磁気ヘッド7を移動させるアクチュエータの駆動電流信号12をアナログデジタル変換器5（ADC : Analog Digital Converter）によりデジタル信号に変換してデジタルシグナルプロセッサ1（Digital Signal Processor、「DSP」という）に入力し、DSP1によりアクチュエータ6の制御信号11を生成する。

【0019】DSP1から出力される制御信号11はデジタルアナログ変換器4（DAC : Digital Analog Converter）によりアナログ信号に変換してアクチュエータ駆動電流12としてアクチュエータ6に入力される。

【0020】また、DSP1によりアクチュエータ6の制御信号11を生成する過程は、ディスク8のデータト

\*を前記制御器の演算のm倍のサンプル周波数（サンプル時間  $T/m$ ）として、前記制御器の演算中に前記ノッチフィルタの演算数をm回に増やし、前記ノッチフィルタが演算

【数6】

ラックに追従するヘッド位置決め制御やヘッドを別のトラックに移動させるヘッドアクセス制御等のノッチフィルタ処理以外の動作を行う部分2、例えば位相進み遅れ制御器やP I D制御器等により生成される磁気ヘッドを移動させるアクチュエータの制御信号10（以下「制御器信号」という）と、この制御器信号10を入力して、機械共振の励振を抑制したアクチュエータの制御信号11を生成するノッチフィルタ3に分けられる。ノッチフィルタ処理以外の動作を行う部分2を制御器2という。

【0021】本実施例における磁気ディスク装置では、磁気ヘッド7からの位置誤差信号14をサンプル周波数  $f$  [Hz]でDSP1に取り込む。

【0022】同様にアクチュエータ6の駆動電流信号12も同じサンプル周波数  $f$  [Hz]で取り込み、サンプル周波数を  $f$  [Hz]として設計された制御器2により制御器信号10を生成する。

【0023】機械共振が無視出来る場合には、この制御器信号10によりヘッドの位置決め動作を行うことが可能である。

【0024】ただし、一般的な磁気ディスク装置では、機械共振の影響は無視できないため、ノッチフィルタ3により機械共振の励振を抑制する。

【0025】ここで、ノッチフィルタ3は、サンプル周波数を  $2f$  [Hz]として設計され、図2に示すように、入力としては1回おき（1サンプルおき）に更新される制御器信号10を用い、アクチュエータの制御信号11は  $2f$  [Hz]のサンプル周波数（サンプル時間 =  $1/2f$ ）でDSP1より出力される。

【0026】サンプル時間を  $T = 1/f$  とした場合、位置誤差信号14をサンプル時間  $T$  でDSP1に取り込む。同様にして、アクチュエータ6の駆動電流信号12もサンプル時間  $T = 1/f$  で取り込み、サンプル時間  $T$  で設計された制御器2により制御器信号10を生成する。

【0027】 $nT$  時刻の位置誤差信号14及びアクチュエータの駆動電流信号12を  $r[n]$  とすると、制御器信号  $u[n]$  を求めるサンプル時間  $T$  で設計された制御器2の方程式（離散型状態方程式）は以下のようになる

（【数7】参照）。

【0028】

\* \* 【数7】

$$\begin{cases} x_c[n+1] = A_c x_c[n] + B_c r[n] \\ u[n] = C_c x_c[n] + D_c r[n] \end{cases} \cdots (4)$$

【0029】この制御器2に対して、2倍のサンプル周波数すなわちサンプル時間T/2のノッチフィルタ3を設計し、制御器2の演算後にその演算結果u[n]に基づきノッチフィルタ3の演算（【数8】参照）を行な※

※い、アクチュエータの制御信号y[n]として出力する。

【0030】

【数8】

$$\begin{cases} x_n\left[n+\frac{1}{2}\right] = A_n x_n[n] + B_n u[n] \\ y[n] = C_n x_n[n] + D_n u_n[n] \end{cases} \cdots (1)$$

【0031】また、(n+1)T時刻の制御器2の演算中に、制御器2の演算結果u[n]とノッチフィルタ3の状態量x[n+1/2]に基づくノッチフィルタ2の演算（【数9】参照）を行い、同様にして、アクチュエータの制御信号y[n+1/2]として出力すること★

★により、アクチュエータ6の制御信号11のサンプル時間はT/2となる。

【0032】

【数9】

$$\begin{cases} x_n[n+1] = A_n x_n\left[n+\frac{1}{2}\right] + B_n u_n[n] \\ y\left[n+\frac{1}{2}\right] = C_n x_n\left[n+\frac{1}{2}\right] + D_n u_n[n] \end{cases} \cdots (2)$$

【0033】このような構成により、ノッチフィルタ3のサンプル周波数は、位置誤差信号14のサンプル周波数の2倍に取ることが可能になる。

で構成してもよいことは勿論である。

【0034】セクタサーボの場合、位置誤差信号14のサンプル周波数は、データ面に書かれたサーボセクタの間隔とディスク8の回転数により決まり、より高い機械共振点の周波数に対応させるためにはサーボセクタ数を多くするか、ディスク8の回転数を上げる必要がある。

【0039】  
【発明の効果】以上説明したように、本発明（請求項1）によれば、デジタルノッチフィルタを用いることにより、位置誤差信号の取り込み及びノッチフィルタを除いた制御器のサンプル周波数に対してノッチフィルタのサンプル周波数が高くなり、制御器のナイキスト周波数以上の周波数をもつ機械共振の影響を抑制することが可能になる。

【0035】しかしながら、サーボセクタ数を多くすると、データフォーマット効率が落ちるという問題が生じ、ディスク8の回転数を上げることについても、スピンドル等の問題があり困難である。

【0040】また、本発明（請求項1、2）によれば、デジタルノッチフィルタを用いることにより、共振抑制周波数の変更が容易とされ、回路基板のスペースが削減される等の利点を有すると共に、ナイキスト周波数より高い機械共振点に対しても制御器の動作周波数の高速化を不要として、機械共振を抑えることができるという効果を有する。

【0036】これに対して、本発明によれば、位置誤差信号14のサンプル周波数とノッチフィルタのサンプル周波数を同じにした場合と比較して、2倍の周波数の共振点に対応することが可能となる。

【0041】さらに、本発明（請求項3）によれば、デジタル信号処理装置の演算時間が長い場合においても、マルチレートサンプル方式のデジタルノッチフィルタの演算分のみの増加により3倍、4倍等の周波数の機械共振に対応させることも可能である。

【0037】また、本発明によれば、DSP1の演算時間が長い場合においても、ノッチフィルタの演算分のみの増加により機械共振を抑止することが可能とされ、上記と同様な方法に従い、ノッチフィルタのサンプル周波数を3倍、4倍等と増やし、3倍、4倍等の周波数の機械共振に対応させることも可能である。

【0042】さらに、本発明（請求項3）によれば、デジタル信号処理装置の演算時間が長い場合においても、マルチレートサンプル方式のデジタルノッチフィルタの演算分のみの増加により3倍、4倍等の周波数の機械共振に対応させることが可能とされる。

【0038】以上本発明を上記実施例に即して説明したが、本発明は、上記態様にのみ限定されるものではなく、本発明の原理に準ずる各種態様を含む。例えば、DSPによるノッチフィルタ演算処理は、上記したマルチレートサンプル方式に基づく所定のデジタルフィルタ

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例の構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の出力波形を説明する図である。

【符号の説明】

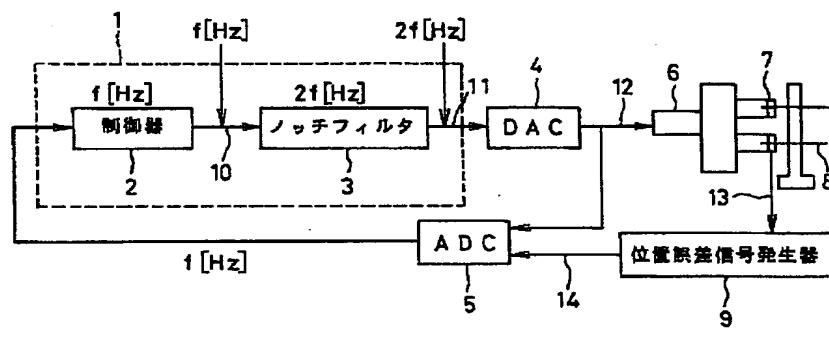
9

2 制御器（ノッチフィルタを除く制御器）  
 3 ノッチフィルタ  
 4 デジタルアナログ変換器（Digital Analog Co nverter）  
 5 アナログディジタル変換器（Analog Digital Co nverter）  
 6 アクチュエータ  
 7 磁気ヘッド

10

8 磁気ディスク媒体（ディスク）  
 9 位置誤差信号発生器  
 10 制御器信号  
 11 アクチュエータの制御信号  
 12 アクチュエータ駆動電流信号  
 13 サーボ信号  
 14 位置誤差信号

【図1】



【図2】

